

지하철 객실용 이산화탄소 흡착제 성능평가 연구

Study on Indoor Carbon Dioxide Adsorbent for Subway Cabin

조영민*[†], 홍승우*, 권순박*, 박덕신*, 정우성*, 김희만**

Youngmin Cho*[†], Seung-Woo Hong *, Soon-Bark Kwon*, Duck-Shin Park*, Woo-Sung Jung*

Hee-Man Kim**

Abstract Carbon dioxide concentration in subway cabin drastically increases during rush-hour since many passengers are on board at this time. If passengers are exposed to this high concentration of carbon dioxide, they will have following physical difficulties: headache, sleepiness, languor, and lower concentration. Ventilation is one of the easiest ways to reduce carbon dioxide concentration. However, since ventilation in subway may cause the inflow of various air pollutants in subway tunnels, the application of carbon dioxide adsorbent is considered as one of the alternatives for ventilation. In this study, carbon dioxide adsorption performances of adsorbent using potassium carbonate were studied. Carbon dioxide adsorption performance was slightly lower than zeolite, the reproducibility was better with the prepared carbon dioxide adsorbent.

Keywords : CO₂, Adsorbent, K₂CO₃, Zeolite, Regeneration

초 록 출퇴근 시간대의 지하철은 단기간에 많은 승객이 탑승하기 때문에 이산화탄소 농도가 급격하게 증가한다. 승객들이 이와 같은 고농도의 이산화탄소에 노출되면, 두통, 졸음, 무기력감, 집중력 저하 등의 문제를 유발할 수 있기 때문에 환기가 필요하다. 그러나, 지하철은 터널의 공기가 먼지 등으로 오염되어 있기 때문에 환기는 터널 중의 미세먼지가 유입될 우려가 있으므로, 객실 내부의 이산화탄소를 흡착 저감할 수 있는 방안이 대안으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 이산화탄소 흡착성능이 우수한 K₂CO₃를 이용하여 지하철 객실의 이산화탄소를 흡착 저감할 수 있는 흡착제를 합성하고, 이 흡착제의 이산화탄소 흡착성능을 평가하였다. 실험결과 흡착성능은 기존의 제올라이트 흡착제에 비하여 다소 낮았으나, 반복 사용을 위한 재생 성능은 우수한 것으로 나타났다.

주요어 : CO₂, 흡착제, K₂CO₃, 제올라이트, 재생

1. 서 론

에너지 비용의 증가와 도심 교통난이 가중됨에 따라 지하철을 이용하는 승객이 크게 증가하고 있다. 이와 같이 승객이 증가하면서 지하철의 실내공기질에 대한 관심도 크게 증가하고 있다. 특히, 출퇴근 시간대에는 단기간에 많은 승객이 탑승하기 때문에 실내공기질도 좋지 않게

[†] 교신저자: 한국철도기술연구원 에코시스템연구실(ymcho@krri.re.kr)

* 한국철도기술연구원 에코시스템연구실, ** 코레일 환경경영처

된다. 다수의 승객이 탑승하게 되면 승객의 호흡에서 발생하는 이산화탄소의 농도가 급격하게 증가하게 된다. 승객들이 이와 같은 고농도의 이산화탄소에 노출되면, 두통, 졸음, 무기력감, 집중력 저하 등의 문제를 유발할 우려가 있다.

일반적으로 실내공간의 이산화탄소 농도를 낮추기 위해서는 환기를 하게 된다. 환기를 통하여 외부의 신선한 공기를 실내로 공급하고, 기존 실내공간의 오염된 공기는 외부로 배출하게 된다. 그러나, 지하철의 경우 터널 구간을 운행하는 경우가 많기 때문에 환기를 하게 되면 터널 중에 있는 오염된 공기가 객실 내부로 유입될 우려가 있다. 이에 지하철 객실의 이산화탄소를 낮추는 방안으로서 이산화탄소 흡착제를 이용한 저감방안이 대안으로 제시되고 있다. 이에 본 연구에서는 이산화탄소 흡착성능이 우수한 카보네이트계 물질을 이용하여 지하철 객실의 이산화탄소를 흡착 저감할 수 있는 흡착제를 합성하고, 이 흡착제의 이산화탄소 흡착성능을 평가하여 지하철 객실에 적용하는 방안을 개발하고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1 K₂CO₃ 이산화탄소 흡착제 합성

고온으로 소성한 K₂CO₃를 상용 zeolite 13X에 담지하고, 이를 pellet 형태로 성형하여 K₂CO₃ 이산화탄소 흡착제를 제조하였다. (Fig. 1)



Fig 1. Prepared CO₂ adsorbent

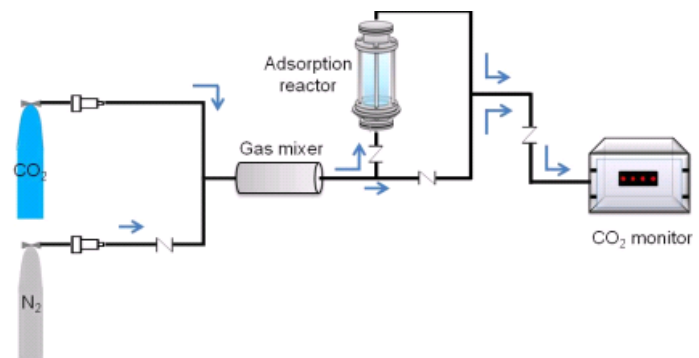


Fig 2. Lab-scale CO₂ adsorption testing equipments.

2.2 이산화탄소 흡착 및 탈착 실험

Fig. 2와 같이 lab-scale의 소형 이산화탄소 흡착 성능 평가 시스템을 이용하여 이산화탄소 흡착성능을 평가하였다. 부피 33 mL의 튜브형 반응기에 흡착제 10 g을 충전하고 초기 이산화탄소 농도가 5,000 ppm이 되도록 질소와 이산화탄소 혼합기체를 3 L/min의 유량으로 흘려주면서 반응기 통과 후의 혼합기체의 이산화탄소 농도를 모니터링함으로써 흡착제에 흡착된 이산화탄소의 양을 정량적으로 측정하였다. 이 때 흡착은 60 °C에서 수행하였고, 탈착은 150 °C에서 수행하였다. 탈착시에는 질소만 흘려주도록 하고, 늘어나는 이산화탄소 농도를 모니터링하여 탈착

된 이산화탄소의 양을 정량적으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 3는 제조한 K_2CO_3 흡착제에 대하여 초기 이산화탄소의 농도에 따른 이산화탄소 흡착성능을 나타낸 것이다. 실험결과 이산화탄소 농도가 2,000 ppm ~ 3,000 ppm 가량 될 때에 단위 중량당 이산화탄소 흡착량이 0.26 mmol/g으로 가장 큰 것으로 나타났는데, 이는 출퇴근 시 지하철 객실 내부의 이산화탄소 농도 범위와 비슷한 것으로 본 흡착제가 지하철 객실에 적용하기에 적절함을 의미한다. 일반적으로 이산화탄소 농도가 증가하면 중량당 흡착가능한 이산화탄소의 양이 감소하는 것으로 나타나는데, 본 실험에서는 반대의 경향이 나타났다. 이는 고농도의 이산화탄소 조건에서는 흡착 site가 쉽게 포화되어 공급된 고농도의 이산화탄소 중 일부만 흡착하는 반면에, 저농도의 이산화탄소 조건에서는 공급된 이산화탄소가 효율적으로 흡착하기 때문인 것으로 보인다.

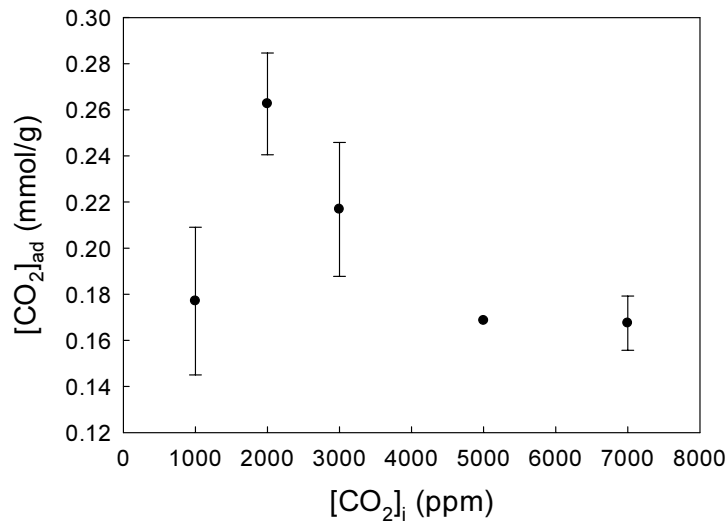


Fig 3. CO₂ adsorption performance under various CO₂ concentration conditions

Fig. 4는 CO₂ 농도를 5,000 ppm으로 유지하면서 유량을 변화시켰을 때 단위 중량당 이산화탄소 흡착량을 나타낸 것이다. 실험결과, 유량이 증가할수록 단위 중량당 흡착량은 감소하는 것으로 나타났다. 유량이 1 L/min일 경우에 흡착량이 가장 많았고, 5 L/min일 경우에 흡착량이 가장 적었다. 이는 유량이 증가하면 반응기 내부에서 CO₂의 체류시간이 감소하여 흡착제에 흡착할 수 있는 충분한 시간을 가질 수 없기 때문인 것으로 보인다. CO₂ 흡착은 반응기 내부에서 흡착제와 CO₂가 일정 시간 이상의 체류시간을 가져야 효율적으로 일어날 수 있음을 본 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

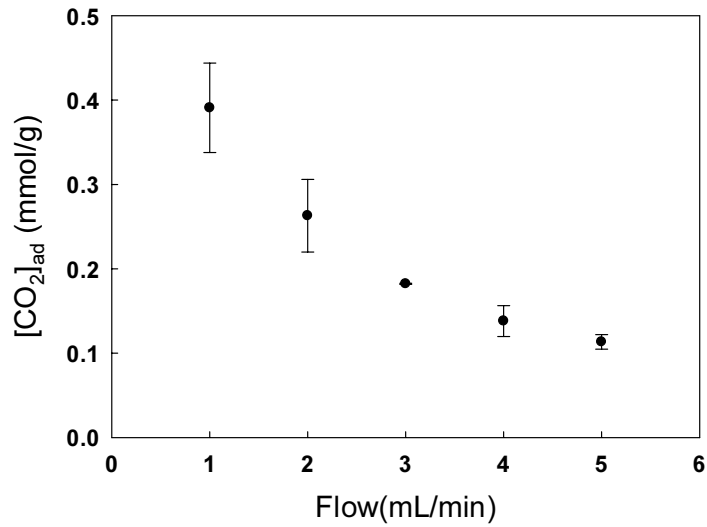


Fig 4. CO₂ adsorption performance under various flow rates

Fig. 5는 제조한 흡착제에 대하여 흡착 및 탈착을 13회 가량 반복 수행하면서 각각의 흡착 및 탈착 과정 중에 단위 중량당 흡착 및 탈착된 이산화탄소의 양을 나타낸 것이다. 실험결과 흡착과 탈착을 반복하여 수행하여도 흡착 및 탈착되는 이산화탄소의 양은 크게 감소하지 않는 것으로 나타났다. 본 실험을 통하여 본 흡착제는 재생 성능이 매우 우수함을 확인할 수 있었다.

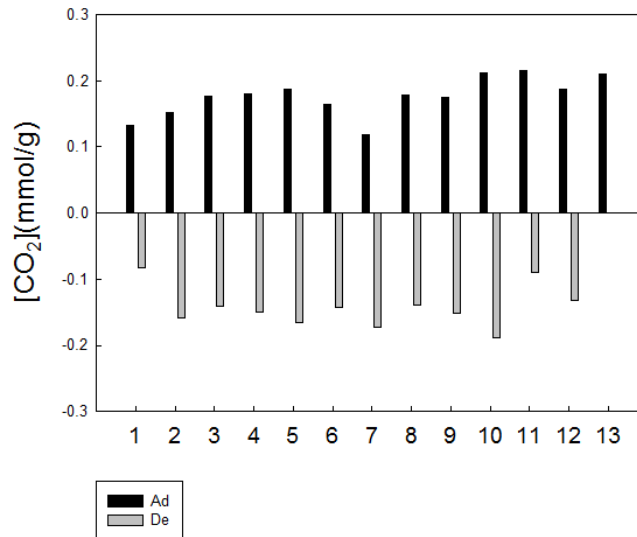


Fig 5. Amount of CO₂ adsorbed and desorbed during repetitive adsorption-desorption cycles.

후 기

본 연구는 미래창조과학부 휴먼인지환경사업본부 실내공기청정융합연구단의 ‘실내

이산화탄소 저감기술 및 공기감염 예측기술 개발 (2013K000387)’ 과제의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

[1] 조영민, 양영민, 윤영관 (2012) 탄산염을 이용한 이산화탄소 흡착 연구, *대한환경공학회 학술지*, 1309-1314.